

Typologie, diversité floristique et dynamique de renouvellement des systèmes agroforestiers dans la zone soudano-sahélienne de Koulikoro au Mali : cas du domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou

Siriki FANE^{1*},
Abdoulaye TYANO², Fanta WOLOGUEM³,
Daouda TOGOLA¹, Doukoro DIARRA⁴,
Fadiala DEMBELE¹, Sidi SANOGO⁵,
Barthélémy YELEMOU⁶, Moussa KAREMBE⁷

Titre courant : Diversité ligneuse des systèmes agroforestiers au Mali

Résumé

Les pratiques agricoles durables dans un agrosystème ne peuvent être conduites que lorsque le milieu est bien connu. L'objectif de cette étude était d'identifier et caractériser les systèmes agroforestiers du domaine de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou au Mali, pour leur bonne gestion. L'échantillonnage systématique avec un maillage de 250 m x 250 m a été utilisé. La collecte des données était basée sur l'inventaire floristique et

¹ Centre des Ressources Agroforestières/Département du Génie Rural et des Eaux et Forêts de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, BP 06, Koulikoro, Mali. Téléphone : (+223) 66590905 ; E-mail : faneski08@gmail.com

² Centre Universitaire de Gaoua/Université Nazi BONI, Ecole Doctorale Sciences Naturelles et Agronomie, Laboratoire Bioressources, Agrosystèmes et Santé de l'Environnement (LaBASE). 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso. Téléphone : (+226) 70643665, Email : tabdoulayemagloire@gmail.com

³ Département des Sciences Agronomiques, Faculté d'Agronomie et de Médecine Animale (FAMA), Université de Ségou, BP 24, Ségou, Mali. Téléphone : (+223) 76194758 ; E-mail : wologuemefanta@gmail.com

⁴ Département du Centre International de Recherche en Agroforesterie de Samanko E5118 BP, Kati, Mali. Téléphone : (+223) 75932343 ; E-mail : diarradoukoro@gmail.com

⁵ Centre Régional de Recherche Agronomique (CRRRA) de Sikasso BP 16, Institut d'Economie Rurale (IER), Bamako, Mali. (+223) 21 62 03 61 ; E-mail : sanogosidi2000@yahoo.fr

⁶ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles/Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique. BP 10 Koudougou, Burkina Faso. Téléphone : (+226) 76642403 ; E-mail : yelbarth@yahoo.fr

⁷ Département d'Enseignement et de Recherche (DER) de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), BP E 3206, Bamako, Mali. Téléphone : (+223) 76318342 ; mkarembey@yahoo.fr

Auteur correspondant : Siriki FANE, faneski08@gmail.com, ORCID : <https://orcid.org/0009-0000-3611-0971>

DOI : <https://doi.org/10.64707/revstnsa.v44i2.2157>

dendrométrie dans 50 placettes circulaires de 2826 m² (r = 30 m) chacune. Les résultats ont montré que le système agrosylvopastoral est le plus dominant. La richesse floristique est de 24 espèces réparties en 22 genres et 13 familles. Les Anacardiaceae (75 %) et les Fabaceae (68 %) sont les plus dominantes familles. Les espèces les plus dominantes sont *Mangifera indica* L. (88 %), *Vitellaria paradoxa* CF Gaertn. (47 %) et *Azadirachta indica* A. Juss. (31 %). La majorité des espèces inventoriées (79 %) étaient classées comme préoccupation mineure (LC) selon les critères de l'IUCN. Les systèmes agrosylvopastoraux et agrosylvicoles étaient les plus diversifiés avec un indice de diversité de Shannon $H' = 3$, chacun. Le taux de régénération des systèmes varie de 38 % pour le sylvopastoral à 193 % pour le système agrosylvopastoral. Les différences observées entre les systèmes, notamment en termes de dominance spécifique et de taux de régénération, soulignent la nécessité d'une gestion adaptée à chaque type de système. La protection des arbres semenciers est essentielle pour garantir la régénération naturelle et le maintien de la diversité floristique, condition indispensable à la durabilité des biens et services fournis par ces systèmes agroforestiers.

Mots clés : Agrosystème, biodiversité ligneuse, inventaire, pratique agroforestière, Mali.

Typology, Floristic Diversity, and Regeneration Dynamics of Agroforestry Systems in the Sudano-Sahelian Zone of Koulikoro, Mali: insight from IPR/IFRA of Katibougou area

Abstract

Sustainable agricultural practices within an agroecosystem can only be implemented when the environment is well understood. The objective of this study was to identify and characterize the agroforestry systems within the domain of the Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) of Katibougou, Mali. Systematic sampling using a 250 m x 250 m grid was employed. Data collection was based on floristic and dendrometric inventories conducted in 50 circular plots of 2826 m² each (r = 30 m). The results showed that the agrosilvopastoral system is the most dominant in the study area. Floristic richness comprises 24 species distributed across 22 genera and 13 families. The most dominant families were Anacardiaceae (75 %) and Fabaceae (68 %). The most dominant species are *Mangifera indica* L. (88 %), *Vitellaria paradoxa* CF Gaertn., and *Azadirachta indica* A. Juss. The majority of the recorded species (79%) were classified as Least Concern (LC) according to IUCN. The agrosilvopastoral and agrosilvicultural systems were the most diverse, each with a Shannon diversity index of $H' = 3$. Regeneration rates varied from 38% in the silvopastoral system to 193% in the agrosilvopastoral system. The differences observed among the systems, particularly in terms of species dominance and regeneration rates, highlight the need for management strategies tailored to each type of systems. Protecting seed trees is essential to ensure natural regeneration and to maintain floristic diversity, which is a prerequisite for the long-term sustainability of the goods and services provided by these agroforestry systems.

Keywords: agroecosystem, woody biodiversity, inventory, agroforestry practice, Mali.

Introduction

Les systèmes agroforestiers, issus de la transformation progressive des formations forestières naturelles sous l'effet des activités agricoles, représentent aujourd'hui des paysages hybrides où coexistent arbres, cultures et parfois élevage. Ces systèmes jouent un rôle fondamental dans le quotidien des populations rurales, en assurant à la fois des fonctions écologiques, économiques et sociales (BIGA et al., 2020). Ils constituent également des alternatives viables contre la déforestation, tout en contribuant à la conservation de la biodiversité et à la résilience des agroécosystèmes face aux changements climatiques.

Bien que leur diversité floristique et leur capacité de production de produits forestiers ligneux et non ligneux soient généralement inférieures à celles des forêts naturelles (KY-DEMBELE et al., 2019), les agroforêts présentent une richesse non négligeable. Des études menées dans différentes zones agroécologiques ont révélé que les systèmes agroforestiers peuvent contenir entre 28 et 50 pieds d'arbres par hectare (KINDT et al., 2008; BAYALA et al., 2011; KY-DEMBELE et al., 2019). Cette densité, bien que modeste, joue un rôle crucial dans la préservation d'espèces locales souvent menacées dans les formations naturelles, en raison de la surexploitation et de la pression anthropique croissante. Cependant, cette richesse floristique tend à diminuer progressivement, notamment dans les zones proches des habitations, où la pression humaine est plus forte. Plusieurs auteurs ont mis en évidence que les systèmes agroforestiers situés à proximité des formations forestières naturelles et éloignés des zones d'habitation abritent une diversité floristique plus élevée, en raison de la moindre intensité des prélèvements et des perturbations (MAKHUBELE et al., 2023; ZOUNGRANA et al., 2023). Cette dynamique spatiale de la biodiversité souligne l'importance de la localisation et des pratiques de gestion dans la conservation des ressources ligneuses.

Au-delà de leur rôle écologique, les systèmes agroforestiers fournissent une gamme variée de produits forestiers ligneux et non ligneux essentiels à la subsistance des populations rurales, notamment en saison sèche et durant les périodes de soudure (SANOU et al., 2017; FANE et al., 2024). Les fruits, noix et autres produits comestibles issus de ces systèmes, comme les raisins consommés après la saison des pluies, représentent non seulement une source

alimentaire précieuse, mais également une opportunité économique lorsqu'ils sont commercialisés (ASSOGBADJO et al., 2012; DIARRA et al., 2021). Par ailleurs, les feuilles, branches et résidus d'élagage constituent un fourrage nutritif pour le bétail, particulièrement en période de pénurie (BAZIE et al., 2012; ZAMPALIGRE, 2012).

Sur le plan agronomique, les espèces ligneuses présentes dans les agroforêts contribuent à l'amélioration de la fertilité des sols grâce à leur capacité de fixation de l'azote et à la production de litière organique (TRAORE et al., 2004; FANE et al., 2024). Ces apports favorisent une meilleure productivité des cultures céréalières (FANE et al., 2024b), tout en réduisant la dépendance aux intrants chimiques (KHO et al., 2001). Ainsi, les systèmes agroforestiers s'inscrivent pleinement dans les stratégies de transition agroécologique et de développement durable. Ces systèmes agroforestiers se situant entre les formations forestières et les habitations offrent donc de nombreux avantages écologiques et alimentaires et méritent d'être mieux connus pour leur durabilité de gestion.

Depuis les années 1980, l'agroforesterie a connu une large diffusion dans les pays sahéliens, notamment au Mali, où elle est promue comme une solution intégrée aux défis de la sécurité alimentaire, de la gestion des ressources naturelles et de l'adaptation climatique (BOFFA, 2000). Les domaines des grandes écoles et des institutions de recherche, tels que l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, jouent un rôle stratégique dans cette dynamique. Ces espaces constituent des laboratoires vivants où sont testées et adaptées des technologies innovantes avant leur dissémination à plus grande échelle (KONE et al., 2025) et bien souvent sans leur connaissance. Malgré l'intérêt croissant pour l'agroforesterie, la majorité des travaux se sont concentrés sur l'adoption des pratiques agroforestières (FANE et al., 2024a; KPOVIWANOU et al., 2024), les inventaires floristiques (DJEGO et al., 2012; KY-DEMBELE et al., 2019; ANGUSSIN et al., 2025), ou encore le développement de techniques spécifiques (DOUMBIA et al., 2020). Malgré le nombre important des études consacrées aux systèmes agroforestiers en milieu paysan au Mali et en Afrique de l'Ouest, les agroforêts situés dans les domaines institutionnels et académiques demeurent encore peu exploités. Pourtant, ces espaces se distinguent par des caractéristiques particulières, liées à des modes de gestion spécifiques, où se combinent des usages multiples production agricole, recherche et

Le climat de la commune urbaine de Koulikoro se caractérise par une saison sèche de novembre à mai et une saison pluvieuse allant de juin à octobre, et est classé écologiquement dans la zone soudano-sahélienne. La pluviométrie moyenne annuelle de plus des trente dernières années est de 700 mm/an (DAOU et al., 2019; DIABY et al., 2020). La température moyenne annuelle des 23 dernières années est comprise entre 23 °C à 28 °C dont la température maximale peut atteindre jusqu'à 45 °C en période sèche tandis que la minimale peut descendre jusqu'à 10° C (SAMAKE et al., 2023). Les sols de la zone d'étude sont typiquement des ferralsols (SERPANTIÉ et al., 2004; KEITA et al., 2023). L'agriculture est essentiellement pluviale et basée sur la culture céréalière. Les principales spéculations agricoles sont le maïs (*Zea mays* L.), millet (*Pennisetum glaucum* L.R. Br.) et le sorgho (*Sorghum bicolor* L.). Le système agroécologique se caractérise par la présence des arbres et arbustes disséminés dans les champs, ainsi que des animaux qui pâturent après la récolte (BAMBARA et al., 2019; SISSOKO, 2019; N'DIAYE et al., 2020). Cet écosystème de culture est définie comme les parcs agroforestiers en général (CLINQUART, 2010) et les espèces ligneuses dominantes inclues *Vilcellaria paradoxa* (Karité), *Tamarindus indica* (tamarinier), *Parkia biglobosa* (néré), *Khaya senegalensis* (caïllédrat), *Adansonia digitata* (baobab), *Lannea microcarpa* (raisinier), *Bombax costatum* (Kapokier) et *Ficus cycomoros* (Figuier) (DIABY et al., 2020). Au cœur de cet écosystème, l'IPR/IFRA de Katibougou, en tant que grande Ecole Universitaire développe et entretient des systèmes de production intégrés destinés à la formation des étudiants et des agriculteurs. Cette particularité fait du domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou une zone de production pilote, qui mérite d'être explorée afin de caractériser les systèmes de production à l'origine de la présente étude.

I.2. Collecte des données

La zone d'étude a été stratifiée afin d'identifier l'ensemble des unités d'occupation du sol, à l'aide du logiciel QGIS. Cette étape a permis de distinguer les champs de culture et les plantations (n = 53), qui constituaient les unités cibles de l'étude. Pour la collecte des données, un échantillonnage systématique a été adopté, avec un maillage de 250 m × 250 m, afin d'obtenir une meilleure précision. Toutes les mailles situées dans les champs de culture et les plantations ont été retenues pour la collecte. Les coordonnées géographiques du centre de chaque maille ont été extraites et intégrées dans un GPS Garmin 64 pour leur localisation sur le terrain. Parmi les 53 mailles/placettes, un avait été

déjà transformé en maison d'habitation au moment de la collecte et deux n'étaient pas accessibles.

La collecte des données s'est déroulée du 1^{er} juin à la fin juillet 2025. Dans chaque placette d'échantillonnage, toutes les espèces ligneuses présentant un diamètre à hauteur de poitrine (DHP) supérieur à 10 cm ont été identifiées au niveau taxonomique. La circonférence de chaque espèce a été mesurée à 20 cm du sol (C_{0,2}), et à 1,30 m à partir du sol et la hauteur totale a été mesurée à l'aide d'une perche graduée pour les individus de moins de 6 m, et à l'aide d'un clinomètre Suunto PM5/360PC pour les autres, au sein de placettes circulaires de 2826 m². Dans chaque placette, tous les jeunes plants et semis ligneux d'un diamètre de tige inférieur à 10 cm ont été recensés par comptage comme régénération selon ICHAOU and D'HERBÈS (1997). Le diamètre de la couronne de chaque espèce adulte identifiées a été déterminé en calculant la moyenne de deux mesures du diamètre de la couronne prises du nord au sud et d'est en ouest. Les caractéristiques écologiques (Coordonnées géographiques, édaphiques), gestion des terres et anthropologiques de chaque placette ont été enregistrées. Ces caractéristiques anthropologiques étaient relatives aux types d'exploitation (coupe, pâture, feux, construction...), aux technologiques de production (technologies agroforestières, clôture...).

1.3. Traitement et analyse des données

Chaque champ de culture ayant fait l'objet de l'inventaire a été classifié selon les critères de classification des systèmes agroforestiers décrits par NAIR et al. (2021). En fonction de la composition des systèmes de production, la classification a été effectuée selon les composantes et la nature économique de chaque système (Figure 2).

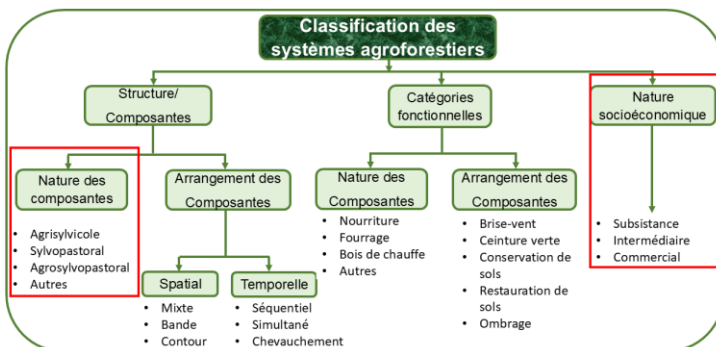


Figure 2 : Les critères de classification des systèmes agroforestiers adaptés de Nair et al. (2021).

Les caractéristiques de gestion (type de clôtures, nature des composantes agroforestières et objectif principal de la production) ont été associées à la composition des systèmes de production afin d'appliquer la classification proposée par NAIR et al. (2021).

Pour l'analyse de la composition et la diversité floristique, la nomenclature botanique du groupe de la classification phylogénétique des angiospermes (APG IV, 2016) a été adoptée pour identifier les différents genres, espèces et leurs familles respectives. Les indices de valeur de l'importance écologique de la famille (VIF) et de l'importance écologique de chaque espèce ligneuse dans chaque système agroforestier et à l'échelle de l'ensemble du système agroforestier ont été calculés à selon les relations suivantes :

$$\text{Dominance relative} = \frac{\text{Surface terrière de l'espèce}}{\text{Surface terrière de toutes les espèces}} \times 100 \dots \dots \dots (1),$$

$$\text{Densité relative} = \frac{\text{Nombre d'individu de l'espèce}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100 \dots \dots \dots (2),$$

$$\text{Fréquence} = \frac{\text{Nombre de placette dans laquelle on trouve l'espèce}}{\text{Nombre total des placettes}} \times 100 \dots \dots (3),$$

$$\text{Fréquence relative} = \frac{\text{Fréquence de l'espèce}}{\text{Somme des fréquences des espèces}} \times 100 \dots \dots \dots (4),$$

$$\text{Diversité relative} = \frac{\text{Nombre d'espèces dans une famille}}{\text{Nombre total d'espèces}} \times 100 \dots \dots \dots (5),$$

$$\text{VIF} = \text{Dominance relative} + \text{Densité relative} + \text{Diversité relative} \dots \dots \dots (6) ;$$

$$\text{IVI} = \text{Dominance relative} + \text{Densité Relative} + \text{Fréquence relative} \dots \dots \dots (7).$$

Théoriquement les valeurs de la dominance relative, densité relative, diversité relative et fréquence relative sont comprise entre 0 et 100 % tandis que celle des VIF et IVI sont comprise entre 0 et 300 % (LAMPRECHT, 1989). La valeur 0 indique la non-présence de l'espèce alors que les valeurs 100 % et 300 % pour une espèce implique l'existence d'une seule espèce dans le système.

Les paramètres écologiques considérés dans la caractérisation des systèmes étudiés étaient relatifs aux indices de diversité de Shannon, d'équitabilité de Pielou et générique. Ces indices ont été calculés comme suite :

$$H' = - \sum_{i=1}^{ith} p_i \log_2 (p_i) \dots \dots \dots (8),$$

D'où p_i est la proportion individuelle de l'espèce i dans une placette.

$$E = \frac{H'}{\log_2 S} \dots\dots\dots(9),$$

$\log_2 S$ est la valeur théorique de la diversité maximale pouvant être atteinte dans chaque système. Cet indice varie de 0 à 1 et il est faible pour $E < 0,6$, moyen pour E comprise entre 0,6 et 0,7 et considéré élevé pour $E \geq 0,8$.

$$Idg = \frac{\text{Nombre de genre}}{\text{Nombre de familles}} \dots\dots\dots(10),$$

Les paramètres sylvicoles considérés étaient l'indice spécifique de régénération (ISR %) et le taux de régénération des systèmes (TRS) pour apprécier le statut de renouvellement des systèmes agroforestiers de la zone d'étude. Ils ont été déterminés suivant les formules ci-après :

$$ISR = \frac{\text{Nombre total de jeunes plants d'une espèce}}{\text{Nombre total des jeunes plants dénombrés}} \times 100, \dots\dots\dots(11),$$

L'ISR varie de 0 (aucune régénération) et 100 (absolue) pour un peuplement (AKPO and GROUZIS, 1996). Cependant, un ISR de 100 % pour une espèce d'un peuplement ou système implique l'homogénéité taxonomique de ce peuplement.

$$TRP = \frac{\text{Effectif total de jeunes plants}}{\text{Effectif total des adultes dénombrés}} \times 100, \dots\dots\dots(12),$$

La régénération est considérée difficile lorsque le taux de régénération du peuplement (TRP) est < 100 %, bonne quand TRP est > 100 % mais < 1000 % et la régénération est considérée très bonne quand TRP > 1000 % (ROTHER, 1948).

Les descriptives statistiques ont été utilisées pour présenter les résultats de la composition et la richesse floristique, les indices de diversités de Shannon, générique, équitabilité de Pielou et les types biologiques. Une analyse de variance à un facteur (ANOVA) a été performée pour tester les différences entre les systèmes agroforestiers en ce qui concerne la surface terrière, le diamètre à hauteur de poitrine d'Homme, la hauteur moyenne de Lorey, le recouvrement du houppier et la densité des espèces adultes.

Les données ne respectant pas les conditions de l'application de l'ANOVA ont été transformé à l'aide de transformations

logarithmiques et de l'échelle de puissance de Tukey. Chaque fois que le test F calculé indiquait un effet significatif du systèmes ($p < 0,05$), les moyennes ont été séparées à l'aide d'un test post-hoc de Tukey. L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé avec le logiciel R, version 4.3.3 (R CORE TEAM, 2024).

II. Résultats

II.1. Composition et richesse floristique des systèmes agroforestiers (SAF)

Les résultats de l'inventaire ont révélé que les systèmes agrosylvopastoraux (SASP) représentent 72 % des systèmes, faisant de celui-ci type le plus dominant dans la zone d'étude (Figure 1).

Au total, 24 espèces ligneuses adultes, ayant un diamètre à hauteur de poitrine (DBH) ≥ 10 cm ont été recensées au sein des différents systèmes agroforestiers étudiés. Ces espèces se répartissent entre 22 genres et 13 familles (Figure 3). Le système agrosylvopastoral (SASP) est le plus fournie en espèces (21 espèces) suivi du système intermédiaire (SI, 14 espèces) et agrosylvicole (SAS, 12 espèces). En revanche, le système sylvopastoral (SSP) est le plus pauvre avec seulement une espèce (*Gliricidia sepium*).

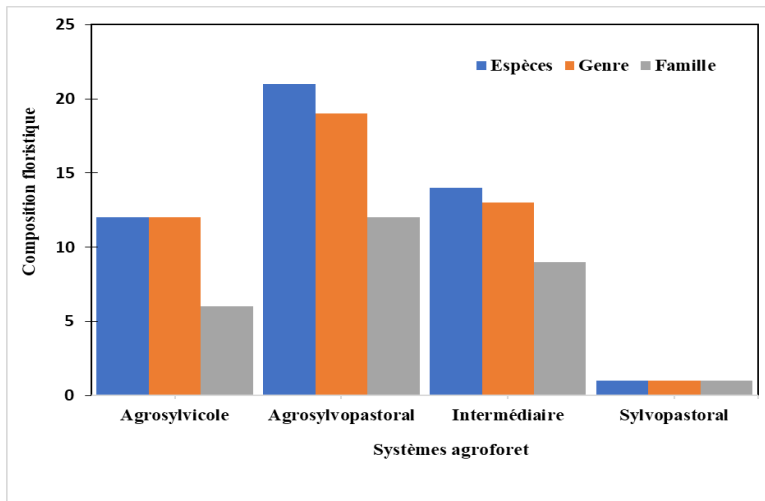


Figure 3 : Composition et richesse floristique des systèmes agroforestiers

Il existe des différences de dominance des familles en fonction du type de système agroforestier. En effet, dans le système agrosylvicole, ce sont les Fabaceae, les Meliaceae et les Sapotaceae qui sont dominants avec 112,6 ; 77,51 et 51,50 %, respectivement de valeur d'importance

des familles. Dans le SASP, ce sont les Anacardiaceae qui sont dominants avec 75,69% de VIF. Les SSP sont caractérisés par l'exclusivité des Fabaceae. Dans les SI et les SAF, ce sont les Anacardiaceae et les Fabaceae qui dominent (Tableau I).

Tableau I : Valeur de l'importance écologique relative des familles botaniques dans les systèmes agroforestiers

Familles	SAS	SASP	SSP	SI	SAF
	VIF (%)				
Anacardiaceae	0,00	75.39	0.00	103,30	75,21
Fabaceae	112,56	62,99	300,00	51,46	67,46
Sapotaceae	51,50	52,50	0,00	13,88	41,17
Meliaceae	77,51	27,79	0,00	25,44	31,98
Arecaceae	13,48	20,06	0,00	19,90	17,29
Rhamnaceae	21,41	14,02	0,00	32,94	16,86
Moraceae	23,53	12,70	0,00	0,00	11,74
Rutaceae	0,00	0,00	0,00	23,85	7,84
Myrtaceae	0,00	9,85	0,00	0,00	7,40
Combretaceae	0,00	6,99	0,00	14,60	6,98
Phyllanthaceae	0,00	5,87	0,00	14,61	6,28
Bombacaceae	0,00	5,95	0,00	0,00	4,92
Lythraceae	0,00	5,89	0,00	0,00	4,88
Total général	300	300	300	300	300

VIF = valeur d'importance de famille ; SAS = système agrosylvicole ; SASP = système agrosylvopastoral ; SI = système intermédiaire et SAF = système agroforestier.

II.2. Importance écologique et paramètres dendrométriques des SAF

Dans les SAF étudiés, les espèces de grande importance écologique sont *M. indica*, *V. paradoxa*, *A. indica*, *G. sepium*, *C. tangelo*, *B. aethiopicum* et *D. cinerea* avec 88 %, 47 %, 31 %, 19 %, 19 % et 10 % d'IVI, respectivement (Tableau II). La majorité des espèces inventoriées (79 %) étaient classées comme préoccupation mineure (LC) selon les critères de l'IUCN, tandis que 8 % étaient considérées comme vulnérables (VU) et 4 % des espèces comme menacées d'extinction (EN). Selon la valeur d'importance écologique (IVI), *M. indica* était l'espèce la plus importante pour le SI (125 %) et le SASP (95 %) et *V. paradoxa* (45 %) pour le SAS.

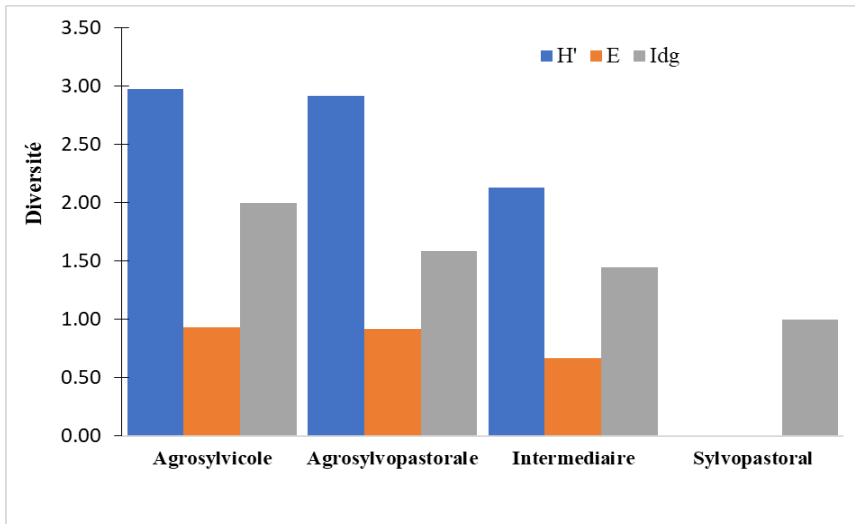
Les indices de diversité de Shannon et générique évoluent en dent de scie selon les systèmes étudiés (Figure 4). Les systèmes agrosylvopastoraux et agrosylvicoles étaient les plus diversifiés avec un indice de diversité de Shannon de $H' = 3$, chacun. Par contre, la

valeur de l'équitabilité de Pielou observé était relativement similaire dans les différents systèmes exceptés pour le SSP.

Tableau II : Importance écologique, statut de conservation et la typologie de régénération des espèces ligneuses des systèmes agroforestiers

Espèces	SAS	SASP	SSP	SI	SAF	Statut/ IUCN	TR
	IVI						
<i>Mangifera indica</i> L.	0,00	94,51	0,00	124,73	87,76	DD	P
<i>Vitellaria paradoxa</i> CFGaertn.	48,72	67,49	0,00	8,08	46,70	VU	N
<i>Azadirachta indica</i> A.Juss.	75,02	40,99	0,00	4,63	31,25	LC	P/N
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth	7,02	0,00	300,00	0,00	19,44	LC	P
<i>Citrus tangelo</i> John W.	0,00	0,00	0,00	68,49	19,08	LC	P
<i>Borassus aethiopum</i> Mart.	6,54	26,98	0,00	14,55	18,96	EN	N
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.	11,84	13,35	0,00	4,64	10,40	LC	N
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	33,91	4,58	0,00	12,97	9,46	LC	N
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	29,76	1,41	0,00	9,28	6,18	LC	N
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	0,00	11,67	0,00	0,00	6,16	NT	P
<i>Tamarindus indica</i> L.	14,95	4,30	0,00	8,16	6,03	LC	N
<i>Faidherbia albida</i> (Delile) A.Chev.	30,71	3,48	0,00	0,00	5,65	LC	N/P
<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	11,34	6,16	0,00	0,00	5,05	LC	N
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	0,00	6,16	0,00	4,83	4,70	LC	N
<i>Combretum micranthum</i> G. Don	0,00	2,82	0,00	9,25	3,61	LC	N
<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	13,61	0,00	0,00	8,31	3,55	VU	P
<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.	0,00	1,41	0,00	11,04	3,31	LC	N
<i>Securinea virosa</i> (Roxb. ex Willd.) Baill.	0,00	1,41	0,00	11,03	3,31	LC	N
<i>Ficus iteophylla</i> Miq.	16,59	2,20	0,00	0,00	2,86	LC	N
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex G. Don	0,00	3,18	0,00	0,00	2,04	LC	N
<i>Lawsonia spinosa</i> L.	0,00	2,33	0,00	0,00	1,24	LC	P
<i>Sclerocarya birrea</i> (A.Rich.) Hochst.	0,00	1,90	0,00	0,00	1,17	LC	N
<i>Adansonia digitata</i> L.	0,00	2,09	0,00	0,00	1,15	LC	P
<i>Ficus sycomorus</i> L.	0,00	1,58	0,00	0,00	0,95	LC	N
Total général	300	300	300	300	300		

LC = least concern (peu concerné), VU= vulnerable (vulnérable), NT= near threatened (proche du menace), EN= endangered (en danger), N = naturel, P = planté, D = data deficiency (déficiency de données), SAS = système agrosylvicole ; SASP = système agrosylvopastoral ; SI = système intermédiaire et SAF = système agroforestier, TR = type de régénération.



H' = indice de diversité de Shannon ; E = équitabilité de Pielou et Idg = indice générique

Figure 4 : Indices de diversité floristique des systèmes agroforestiers

II.3. Importance de renouvellement des peuplements des SAFs

Le taux de régénération général de l'ensemble des systèmes agroforestiers (101%) est supérieur à 100 % et inférieur à 1000% ce qui implique que les peuplements de notre zone d'étude ont une bonne régénération (Tableau III). Les espèces les plus régénératrice du système étaient *A. indica*, *S. virosa*, *Z. mauritiana* et *P. reticulatum* avec 28 %, 13 %, 8 % et 8 % d'ISR, respectivement.

Tableau III : Indice spécifique et le taux de régénération des systèmes agroforestiers

Espèces	SAS	SASP	SSP	SI	SAF
	ISR (%)				
<i>Azadirachta indica</i> A.Juss.	25,18	42,35	0,00	12,44	28,38
<i>Securinega virosa</i> (Roxb. ex Willd.) Baill.	0,00	13,93	0,00	21,05	12,48
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	22,30	4,10	0,00	10,53	8,94
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	15,83	5,74	0,00	7,18	7,62
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth	5,76	0,00	100,00	0,00	7,23
<i>Mangifera indica</i> L.	0,00	1,09	0,00	17,70	5,39
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.	4,32	7,10	0,00	2,87	4,99

Espèces	SAS	SASP	SSP	SI	SAF	
	ISR (%)					
<i>Anacardium occidentale</i> L.	7,91	6,83	0,00	0,00	4,73	
<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.	0,00	4,37	0,00	9,09	4,60	
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	0,00	0,55	0,00	10,53	3,15	
<i>Faidherbia albida</i> (Delile) A.Chev.	15,83	0,00	0,00	0,00	2,89	
<i>Borassus aethiopum</i> Mart.	0,00	3,01	0,00	0,96	1,71	
<i>Combretum micranthum</i> G. Don	0,00	1,37	0,00	3,83	1,71	
<i>Guiera senegalensis</i>	0,00	3,28	0,00	0,00	1,58	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	0,00	2,73	0,00	0,00	1,31	
<i>Citrus tangelo</i> John W.	0,00	0,00	0,00	3,83	1,05	
<i>Adansonia digitata</i> L.	0,00	1,91	0,00	0,00	0,92	
<i>Lawsonia spinosa</i> L.	0,00	1,64	0,00	0,00	0,79	
<i>Piliostigma réticulatum</i> (DC.) Hochst.	1,44	0,00	0,00	0,00	0,26	
<i>Vitellaria paradoxa</i> CFGaertn.	1,44	0,00	0,00	0,00	0,26	
Total	100	100	100	100	100	
Taux de recouvrement du système						
	TRS (%)	193,06	109,58	38,21	93,30	101,06

ISR = indice spécifique de régénération ; TRS = taux de régénération du système ; SAS = système agrosylvicole ; SASP = système agrosylvopastoral ; SI = système intermédiaire et SAF = système agroforestier.

Dans les systèmes Sylvopastoral et intermédiaire, les taux de régénération de 38 % et 93 %, respectivement ont été notés. Par contre, les SAS (193 %) et SASP (110 %) avec des taux de régénération supérieur à 100 % révèle une bonne capacité de régénération. Les espèces d'une grande importance de régénération étaient *A. indica* (42 %) et *S. virosa* (14 %) pour le SASP tandis que *A. indica*, *P. reticulatum* et *Z. mauritiana* ont été observées comme espèces les plus régénératrices avec des ISR de 25 %, 22 % et 15 %, respectivement.

III. Discussion

III.1. Composition, richesse et diversité floristique des systèmes agroforestiers

Le système agrosylvopastoral est le plus domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou, ce qui confirme les observations faites en zone soudano-sahélienne par plusieurs auteurs (BAYALA et al., 2014; BALIMA et al., 2020). La dominance du système agrosylvopastoral dans le domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou s'explique avant tout par son

meilleur ajustement aux conditions écologiques locales. Ce système permet une utilisation saisonnière complémentaire des ressources, en conciliant production agricole en saison des pluies et le pâturage en saison sèche (BAYALA et al., 2014a; NAIR et al., 2021; SALIFOU et al., 2023) tout en maintenant un couvert ligneux fonctionnel. Sa prévalence dans notre zone d'étude semble liée aux objectifs de gestion : production fourragère pour le sylvopastoral, fruits commercialisables pour les systèmes agrosylvicoles, et maintien d'espèces à usages multiples pour les agrosylvopastoraux. La richesse floristique observée (24 espèces) s'inscrit dans la fourchette rapportée par des études similaires (BOFFA, 2000; DJEGO et al., 2012; ANGUSSIN et al., 2025). Elle est comparable à celle relevée au Sénégal (THIOMBANE, 2020) et au Niger (YAHAYA and SOULE, 2024), bien qu'inférieure à celle des unités d'occupation des terres étudiées par DAYAMBA et al. (2016), ce qui pourrait s'expliquer par la proximité des habitations et l'absence de jachères dans notre zone. Ecologiquement, la richesse floristique observée pourrait refléter un compromis entre contraintes environnementales et choix de gestion. Les conditions soudano-sahéliennes, marquées par un stress hydrique et des sols souvent pauvres, favorisent les espèces les plus tolérants, tandis que les pratiques agricoles conduisent à la sélection et à la conservation des espèces à usages multiples, au détriment d'espèces moins utiles ou plus sensibles. Cette sélection est généralement plus marquée à proximité des zones habitées, où l'intensité des activités humaines accentue l'élimination des espèces jugées moins utiles ou plus sensibles, ce qui se traduit par une diminution progressive de la diversité floristique (KY-DEMBELE et al., 2019; ZOUNGRANA et al., 2023). La composition floristique est dominée par les familles Anacardiaceae, Fabaceae, Sapotaceae et Meliaceae, ce qui corrobore les résultats obtenus au Mali (KY-DEMBELE et al., 2019), au Togo (BANLIPO et al., 2023), au Burkina Faso (SEHOUBO et al., 2023a) et au Niger (YAHAYA and SOULE, 2024). La dominance des Fabaceae s'explique par leur capacité d'adaptation aux sols pauvres et dégradés grâce leur pouvoir de fixation symbiotique de l'azote (FANE et al., 2024a; SANOU et al., 2022), ce qui les confère une meilleure compétitivité et une grande persistance dans les agroécosystèmes cultivés. Parmi les espèces les plus importantes écologiquement figurent *Mangifera indica*, *Vitellaria paradoxa* et *Azadirachta indica*, typiques des savanes soudaniennes (KY-DEMBELE et al., 2019, BANLIPO et al., 2023). La forte présence de *M. indica* (IVI = 88 %) est liée à son intérêt économique, et à l'héritage des plantations

(DIARRA et al., 2021) mais aussi la bonne tolérance au stress hydrique, la longévité élevée et la capacité de l'espèce à maintenir sa production malgré les perturbations. *V. paradoxa*, très résiliente et économiquement précieuse, est également dominante. La dominance de *V. paradoxa* dans cette étude confirme les résultats d'autres travaux ayant rapporté que l'espèce représentait jusqu'à 80 % des arbres dans les systèmes agroforestiers au Mali (NOUVELLET et al., 2006) et au Burkina Faso (BAZIE et al. 2018; SANOU et al. 2022). Ecologiquement, cette dominance pourrait être expliquée par la capacité d'adaptation de l'espèce, qui pendant les périodes de grande sécheresse est capable d'aller pomper l'eau des couches profondes du sol à cause de son système racinaire développé (AZONGNIDE et al., 2021). Économiquement, les fruits et les beurres provenant de l'espèce servent de sources de nourriture d'une valeur nutritionnelle très élevée (KY-DEMBELE et al., 2021). Ces fruits et beurres du karité sont aussi d'une sources de revenus non négligeables pour les agriculteurs (GUUROH et al., 2012; BAYALA et al., 2014b). En plus le bois provenant de la gestion de karité est une source de bois de chauffe, de charbon et de service pour la construction (BENAGABOU et al., 2017; SANOU et al., 2017). À travers la quantité annuelle de la litière de 1300 à 17800 kg de MS ha⁻¹, le karité est d'une importance capitale en termes d'apport en matière organique pour les petit producteurs avec peu de moyen (TRAORE et al., 2004; FANE et al., 2024c). *A. indica*, quant à elle, est favorisée pour ses multiples usages et sa dissémination naturelle par les oiseaux (YELEMOU, 1993, TYANO, 2020). Enfin, la diversité floristique varie selon les systèmes : de $H' = 0$ pour le sylvopastoral à $H' \approx 3$ pour l'agrosylvicole. Les systèmes intermédiaires, dominés par *M. indica*, présentent une diversité réduite, probablement en raison de la structure du houppier et des pratiques de nettoyage intensif pour la récolte. La variation de l'indice de diversité entre les systèmes agroforestiers a été observée par plusieurs auteurs au Burkina Faso (SEHOUBO et al. 2023), au Togo (BANLIPO et al., 2023) et en Ethiopie (LEGESSE and NEGASH, 2021; SETOTA et al., 2024). Cette variation pourrait également être due à l'influence des pratiques et stratégies de gestion des agriculteurs (TEBKWE et al., 2023).

III.2. Renouveau des systèmes agroforestiers

La présente étude met en évidence une variation significative des taux de régénération naturelle selon les systèmes d'utilisation des terres, allant de 38 % dans le système sylvopastoral à 193 % dans le système

agrosylvopastoral. Cette disparité traduit des contrastes profonds dans la capacité des arbres et arbustes à se régénérer naturellement, en fonction des conditions d'exploitation et des pratiques de gestion (BAGGNIAN et al., 2013; SANCHEZ-ROMERO et al., 2025, 2021). Dans le système sylvopastoral de cette étude, le faible taux de régénération traduit une rupture du cycle naturelle de renouvellement ligneux, causée par la pression exercée par le bétail notamment à travers les pratiques d'émondage répété destinées à l'alimentation animale. Des études ont mis en évidence que les techniques de coupe comme l'émondage, l'élagage et la coupe en têtard, bien qu'ils permettent de valoriser la biomasse ligneuse (MOROU et al., 2016), réduiraient le potentiel de photosynthèse, affaiblit les réserves nutritives des arbres et diminue leur capacité de régénération par conséquence. De plus, la coupe répétitive des branches provoque un stress physiologique qui affecte la vigueur végétative et rend les souches plus vulnérables aux maladies ou au dessèchement (BAGGNIAN et al., 2013) ce qui pourrait inhiber la production des graines qui assurent la régénération naturelle. Alors qu'il a été démontré dans les systèmes agroforestiers du Niger que les espèces se régénéreraient mieux par semis avec un taux de régénération supérieur à 60 % que par rejet de souche et drageonnage (BIGA et al., 2020). A l'inverse, le taux de régénération élevé du système agrosylvopastoral pourrait indiquer une forte vitalité écologique et une synergie positive entre les composantes arbres/arbustes, cultures et élevages. Dans ce scénario, les cultures contribuent à la restitution de la matière organique et à l'amélioration de la structure du sol (BAYALA et al., 2014a), tandis que les arbres et arbustes procurent aussi de la matière organique (DOUMBIA et al., 2020; FANE et al., 2024c), d'ombrage et humidité (TYANO et al., 2016) créant ainsi un microclimat propice à la régénération naturelle. Ces interactions positives pourraient expliquer le taux de régénération supérieur à 100 %, révélateur d'un système régénératif et résilient. Ecologiquement, ces résultats confirment que le système agrosylvopastoral est plus durable et écologiquement bénéfique puisqu'il est capable non seulement de restaurer la végétation ligneuse, mais aussi d'améliorer la fertilité et la stabilité du sol (CHAVAN et al., 2014; FAYE, 2020). Par contre le système sylvopastoral, soumis à l'émondage fréquent apparaît plus vulnérable à la dégradation à long terme (BREMAN and KESSLER, 1995). Ainsi ce système de production nécessiterait des ajustements tels que la réduction de la fréquence d'émondage, la protection temporaire des arbres après coupe et la sélection ainsi que la

préservation des pieds semenciers. Les espèces à capacité de régénération élevée dans cette étude sont *A. indica*, *S. virosa*, *Z. mauritiana* et *P. reticulatum*. Ces résultats confirment ceux observés par d'autres auteurs au Burkina Faso (SEHOUBO et al., 2023b) pour *A. indica* et *P. reticulatum*, au Niger (HABOU et al., 2020; YAHAYA et al., 2025) et au Tchad (FAWA et al., 2013) pour *Z. mauritiana*. BIGA et al. (2020) ont également rapporté aussi que *P. reticulatum* faisait partie des espèces présentant une forte capacité de régénération des systèmes agroforestiers au Niger.

Conclusion

L'objectif général de cette étude était de d'identifier et caractériser les systèmes agroforestiers du domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou en vue d'orienter leur gestion durable. Les résultats ont montré que le système de production agricole du domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou s'organise autour de quatre principaux systèmes agroforestiers : agrosylvopastoral, sylvopastoral, agrosylvicole et intermédiaire. Le système agrosylvopastoral demeure le plus dominant. L'ensemble des systèmes présentent une richesse floristique de vingt-quatre espèces ligneuses réparties dans treize familles botaniques, dominées par les Anacardiaceae (75 %) et les Fabaceae (68 %). De manière générale, le système de production du domaine se distingue par une composition floristique relativement diversifiée. Les principales espèces recensées sont *M. indica*, *V. paradoxa*, *A. indica*, *G. sepium*, *C. tangelo*, *B. aethiopum* et *D. cinerea*. La forte similarité observée entre les systèmes agrosylvicole, agrosylvopastoral et intermédiaire indique que beaucoup d'efforts sont nécessaires pour tailler chaque système au critère de classification international des systèmes agroforestier. La diversité des systèmes agroforestiers identifiés varie de $H' = 0$ à $H' = 2,97$, indiquant que les pratiques de gestion influencent la diversité floristique dans la zone d'étude. De même, le taux de régénération naturelle varie d'un système à d'autres. Ces résultats soulignent l'importance d'une gestion différenciée et adaptée à chaque type de système agroforestier, notamment en matière de conservation de la diversité floristique et de promotion de la régénération naturelle. Ainsi la mise en œuvre de plans de gestion participatifs, impliquant les producteurs, les techniciens et les étudiants, apparaît comme une approche pertinente pour améliorer la durabilité des systèmes. En particulier la protection des arbres semenciers constitue un levier essentiel pour assurer le renouvellement des peuplements ligneux et la pérennité des biens et

services écosystémiques fournis par ces systèmes. Toutefois, cette étude présente certaines limites, notamment l'absence d'une analyse temporelle de l'évolution des systèmes agroforestiers et la prise en compte limitée des facteurs socio-économiques influençant les pratiques de gestion. Des études futures pourraient intégrer un suivi à long terme de la dynamique des systèmes agroforestiers, une analyse approfondie des pratiques paysannes et des usages des espèces ligneuses, ainsi que l'évaluation des services écosystémiques et des performances agronomiques associées. L'adoption de ces approches permettraient de renforcer le rôle du domaine de l'IPR/IFRA comme site de référence pour l'expérimentation, la formation et la promotion de systèmes agroforestiers durables.

Remerciements

Les remerciements vont tout d'abord au département du Génie Rural et des Eaux et Forêts de l'IPR/IFRA de Katibougou, Koulikoro, Mali, pour avoir autorisé la réalisation de cette étude dans son domaine pédagogique. Nous remercions le Centre des Ressources Agroforestières du Sahel (CRAF) de l'IPR/IFRA de Katibougou pour la mise à disposition de ses locaux. La réalisation de cette étude n'aurait pas été possible sans la collaboration des agriculteurs, des enseignants-chercheurs, et plus particulièrement du chef d'exploitation du domaine de l'IPR/IFRA, à qui nous adressons nos sincères remerciements.

Conflit d'intérêt

Tous les auteurs déclarent aucun conflit d'intérêt

Contribution des auteurs

Le présent manuscrit est le fruit d'un travail collégial. **SF**, **DT** et **FW** ont réalisé la collecte de données. **SF** a rédigé la première version du manuscrit, et **AT** la corrigée et mise en forme. **MK**, **FD**, **SS** et **BY** ont contribué à la conceptualisation du projet de recherche. L'ensemble des auteurs ont participé à la lecture critique du manuscrit afin d'en améliorer la qualité scientifique.

Disponibilité des données

Toutes les données utilisées dans cette étude peuvent être accessibles à la demande adressée au premier auteur à condition qu'elle soit utilisée uniquement dans le cadre de la recherche.

Références bibliographiques

- ANGUESSIN, B., LEONEL, N.K., BALNA, J., BERTINE, T., ADAMO, I., MARIE, A.P., 2025. Floristic diversity and management of agroforestry parks with *faidherbia albida* in the Maroua 1st District (Far North, Cameroon). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 25(3), 1913–1922. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.25.3.0922>
- APG IV., 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- ASSOGBADJO, A.E., GLELE KAKAÏ, R., VODOUHE, F.G., DJAGOUN, C.A.M.S., CODJIA, J.T.C., SINSIN, B., 2012. Biodiversity and socioeconomic factors supporting farmers' choice of wild edible trees in the agroforestry systems of Benin (West Africa). *Forest Policy and Economics*, 14(1), 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.07.013>
- AZONGNIDE, G.G., OUINSAVI, C., ZINSOU, V., 2021. Scientific knowledge on *Vitellaria paradoxa*, a vulnerable species: state of research works and perceptives. *International Journal of Research Studies in Biosciences*, 9(1), 39–51. <https://doi.org/10.20431/2349-0365.0901005>
- BAGGNIAN, I., ADAMO, M., ADAM, T., MAHAMANE, A., 2013. Impact des modes de gestion de la Régénération Naturelle Assistée des ligneux (RNA) sur la résilience des écosystèmes dans le Centre-Sud du Niger. *Journal of Applied Biosciences*, 71(1), 5742. <https://doi.org/10.4314/jab.v71i1.98819>
- BALIMA, L.H., NACOULMA, B.M.I., BAYEN, P., KOUAME, F.N.G., THIOMBIANO, A., 2020. Agricultural land use reduces plant biodiversity and carbon storage in tropical West African savanna ecosystems: Implications for sustainability. *Global Ecology and Conservation*, 21(2020), e00875. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00875>
- BAMBARA, D., SAWADOGO, J., KABORE, O., BILGO, A., 2019. Variabilité de certains paramètres climatiques et impacts sur la durée des périodes humides de développement végétal dans une station au centre et une autre au nord du Burkina Faso. *VertigO*,

19(1), 1–8. <https://doi.org/10.4000/vertigo.24384>

- BANLIPO, D., MARRA, D., FOUSSENI, F., BIMARE, K., HODABALO, E., BAHOLY, R.R., KOMLAN, B., KOFFI, A., 2023. Typologie et structure des systèmes agroforestiers de la zone soudanienne du Togo. *Rev. Revue Ecosystèmes et Paysages*, 3(2), 1–18. <https://doi.org/10.59384/recopays.tg3220>
- BAYALA, J., ANTOINE, K., KY-DEMBELE, C., OLIVIER, A., 2014a. A review of pasture and fodder production and productivity for small ruminants in the Sahel, World Agro. ed, ICRAF Occasional Paper. *World Agroforestry Centre*, Nairobi. https://www.researchgate.net/profile/Jules-Bayala/publication/262943657_A_review_of_pasture_and_fodder_production_and_productivity_for_small_ruminants_in_the_Sahel/links/53dfc0920cf27a7b8306a828/A-review-of-pasture-and-fodder-production-and-productivity-f
- BAYALA, J., KINDT, R., BELEM, M., KALINGANIRE, A., KALINGANIRE, Á.A., KINDT, R., BELEM, M., 2011. Factors affecting the dynamics of tree diversity in agroforestry parklands of cereal and cotton farming systems in Burkina Faso. *New Forests*, 41, 281–296. <https://doi.org/10.1007/s11056-010-9222-z>
- BAYALA, J., SANOU, J., TEKLEHAIMANOT, Z., KALINGANIRE, A., OUEDRAOGO, S.J., 2014b. Parklands for buffering climate risk and sustaining agricultural production in the Sahel of West Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6(1), 28–34. <https://doi.org/10.1016/J.COSUST.2013.10.004>
- BAZIE, H.R., BAYALA, J., ZOMBRE, G., SANOU, J., ILSTEDT, U., 2012. Separating competition-related factors limiting crop performance in an agroforestry parkland system in Burkina Faso. *Agroforestry Systems*, 84(3), 377–388. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9483-y>
- BAZIE, H.R., SANOU, J., BAYALA, J., BARGUES-TOBELLA, A., ZOMBRE, G., ILSTEDT, U., 2018. Temporal variations in transpiration of *Vitellaria paradoxa* in West African agroforestry parklands. *Agroforestry Systems*, 92(6), 1673–1686. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0115-4>
- BENAGABOU, O.I., BLANCHARD, M., BOUGOUMA YAMEOGO, V.M.C., VAYSSIERES, J., VIGNE, M., VALL,

- E., LECOMTE, P., NACRO, H.B., 2017. L'intégration agriculture-élevage améliore-t-elle l'efficacité, le recyclage et l'autonomie énergétique brute des exploitations familiales mixtes au Burkina Faso ? *Revue d'élevage et de Médecine Vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 70(2), 31. <https://doi.org/10.19182/remvt.31479>
- BIGA, I., HABOU, R., IDRISSE, S., 2020. Diversité floristique , état de la régénération et structure de la végétation ligneuse des parcs agr oforestiers de l ' Ouest du Niger *Afrique SCIENCE* 17(3) (2020) 195 - 210. <http://www.afriquescience.net>
- BOFFA, J.-M., 2000. Les parcs agroforestiers en Afrique subsaharienne. *Unasylva* 200, 51, 11–17. <https://doi.org/https://www.fao.org/3/x3989f/x3989f04.htm>
- BREMAN, H., KESSLER, J.-J., 1995. Woody Plants in Agro-Ecosystems of Semi-Arid Regions. Springer Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-79207-6>
- CHAVAN, S., NEWAJ, R., A., K., RAM, A., JHA, A., KUMAR, A., 2014. Agroforestry for Adaptation and Mitigation of Climate Change. *Popular Kheti*, 1(1), 162–163.
- CLINQUART, P., 2010. Représentations et usages des espèces ligneuses: Une approche par les traits fonctionnels pour une ingénierie des systèmes agroforestiers en Zones Arides et Semi-Arides. In *Cirad. Ecole d'Ingénieurs de PURPAN*.
- DAOU, I., COULIBALY, A., SIDIBE, A., SANGARE, H., KEÏTA, I., BOLOZOGOLA, Y., TOURE, A., MARIKO, A., 2019. Suivi de la dynamique environnementale de 1985 à 2018 en zone soudano-sahélienne par télédétection : cas de la commune rurale de Nyamina. *Rabit : Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, 1(1), 2019.
- DAYAMBA, S.D., DJOUDI, H., ZIDA, M., SAWADOGO, L., VERCHOT, L., 2016. Biodiversity and carbon stocks in different land use types in the Sudanian Zone of Burkina Faso, West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 216, 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.023>
- DIABY, M., KONE, Y., TRAORE, K., MAIGA, A.S., TOGO, A.M., 2020. Analysis of the determinants of Farmer Managed Natural Regeneration (FMNR) adoption in Sudano-Sahelian zone: case

of Diema and Kolokani district, in Mali. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(2), 473–485. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i2.14>

- DIARRA, S., SISSOKO, S., DIAWARA, M.O., TRAORE, B.M., SIDIBE, A., 2021. Practices of Mango (*Mangifera indica*) Varieties Kent and Keitt Planters and the Origins of Orchard Vulnerability to Rainfall Variability in the Koulikoro District. *Article.Ijoae.Com*, 6(4), 172–180. <http://article.ijoe.com/pdf/10.11648.j.ijae.20210604.14.pdf>.
- DJEGO, J., GIBIGAYE, M., TENDE, B., SINSIN, B., 2012. Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaodji au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(2), 705–713. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i2.14>
- DOUMBIA, S., DEMBELE, S.G., SISSOKO, F., SAMAKE, O., SOUSA, F., HARUN, C., ADAMTEY, N., FLIESSBACH, A., 2020. Alley cropped *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex. Walp. Enhance soil fertility and yields of cotton, maize and sorghum in Mali. *International Journal of Food Science and Agriculture*, 4(3), 301–313. <https://doi.org/10.26855/ijfsa.2020.09.010>
- FANE, S., AGBOTUI, D.K., GRAEFE, S., SANOU, L., SANOGO, S., BUERKERT, A., 2024a. Adoption of agroforestry systems by smallholders' farmers in the Sudano-Sahelian zones of Mali and Burkina Faso, West Africa. *Agroforestry Systems*, 98(7), 2385–2396. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01020-8>
- FANE, S., AGBOTUI, D.K., INGOLD, M., BUERKERT, A., 2024b. Effects of plant leaves and their manure derivatives on *Sorghum bicolor* L. in the Sudano-Sahelian zone of Mali, in: *Explore Opportunities... for Managing Natural Resources and a Better Life for All Conference Organised by University of Natural Resources and Life Sciences*. Vienna (BOKU), Austria, p. 1.
- FANE, S., AGBOTUI, D.K., SANOGO, S., BUERKERT, A., 2024c. Seasonal effects on annual litterfall dynamics and nutrient deposition of *Vitellaria paradoxa* C . F . Gaertner in agroforestry parklands southern Mali. *Quatorzième Symposium Malien Sur Les Sciences Appliquées*, July, 167–173.
- FAWA, G., DONA, A., DARHE, R., NENBE, N., MAPOGETSEM, P.M., 2013. Drageonnage de *Ziziphus mauritiana* Lam. (Jujubier) dans les systèmes de production de Gounou-Gaya en zone

soudanienne du Tchad. *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants*, 22(3), 605–613. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5653-3_31

FAYE, D., 2020. Policy Landscape for the Scaling-Up of Agroforestry in Mali. *Oxfam Research Backgrounder series*. Bamako, Mali.

GUUROH, R.T., UIBRIG, H., ACHEAMPONG, E., 2012. Homegardens as a Source of Income for Rural Households-A case study of Bieha District, Southern Burkina Faso. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 2, 798–813. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/g>

HABOU, R., MASSAOUDOU, M., ABASSE, T., ALI, M., LARWANOU, M., VAN DAMME, P., 2020. Structure Et Régénération Des Peuplements Naturels De *Balanitesaegyptiaca*(L.) Del. Et *Ziziphusmauritiana* Lam. Suivant Un Gradient Écologique Dans La Région De Maradi Au Niger. *Afrika Focus*, 33(1), 83–104. <https://doi.org/10.1163/2031356X-03301006>

ICHAOU, A., D'HERBÈS, J.M., 1997. Productivité comparée des formations structurées et non structurées dans le Sahel nigérien : Conséquences pour la gestion forestière. *John Libbey Eurotext*, 119–130.

KEITA, I., DAOU, I., DICKO, G., COULIBALY, O.M., DIANCOUMBA, O., 2023. Dynamique d'occupation des sols et leurs effets sur le paysage dans la commune rurale du Meguetan (Koulikoro / Mali) Dynamics of land use and their effects on the landscape in the rural commune of Meguetan (Koulikoro / Mali). *African Scientific Journal*, 03(18), 345–366. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8123350>

KHO, R.M., YACOUBA, B., YAYE, M., KATKORE, B., MOUSSA, A., IKTAM, A., MAYAKI, A., 2001. Separating the effects of trees on crops: The case of *Faidherbia albida* and millet in Niger. *Agroforestry Systems*, 52(3), 219–238. <https://doi.org/10.1023/A:1011820412140>

KINDT, R., KALINGANIRE, A., LARWANOU, M., BELEM, M., DAKOUO, J.M., BAYALA, J., KAIRE, M., 2008. Species accumulation within land use and tree diameter categories in Burkina Faso, Mali, Niger and Senegal. *Biodiversity and*

Conservation, 17(8), 1883–1905. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9326-3>

- KONE, S., KOUYATE, A.B., SANOGO, S., COULIBALY, H., DEMBELE, S.G., SISSOKO, F., CICEK, H., SOUSA, F., 2025. Effets de la décomposition des émondes de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst, *Guiera senegalensis* J. F. Gmel et *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. ainsi que de leur combinaison sur les propriétés physiques, biologiques du sol et le rend. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 8(2), 196–206. <https://doi.org/10.4314/rafea.v8i2.17>
- KPOVIWANOU, M.R.J.H., SOUROU, B.N.K., OUINSAVI, C.A.I.N., 2024. Challenges in adoption and wide use of agroforestry technologies in Africa and pathways for improvement: A systematic review. *Trees, Forests and People*, 17(May), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100642>
- KY-DEMBELE, C., BAYALA, J., BOFFA, J.-M., KALINGANIRE, A., MINANG, P.A., 2021. Shea tree crop management in West Africa, in: PA, M., LA, D., van Noordwijk, M. (Eds.), *Tree Commodities and Resilient Green Economies in Africa*. Nairobi, Kenya: World Agroforestry (ICRAF). p. 24.
- KY-DEMBELE, C., DAYAMBA, S.D., SAVADOGO, P., KALINGANIRE, A., BAYALA, J., MUCHUGI, A., RAMNI, A., 2019. Land use dictates diversity, density and regeneration of woody species in southwestern Mali, West Africa. *Tropical Ecology*, 60(1), 114–128. <https://doi.org/10.1007/s42965-019-00015-2>
- LAMPRECHT, H., 1989. Silviculture in the tropics. Tropical forest ecosystems and their tree species - possibilities and methods for their long-term utilization. *TZ-Verlag*. p. 296.
- LEGESSE, A., NEGASH, M., 2021. Species diversity, composition, structure and management in agroforestry systems: the case of Kachabira district, Southern Ethiopia. *Heliyon*, 7(3), e06477. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06477>
- MAKHUBELE, L., ARAIA, M.G., CHIRWA, P.W., 2023. Harvesting distance effect on tree species diversity in traditional agroforestry landscape: a case of Vhembe Biosphere Reserve in South Africa. *Biodivers. Biodiversity and Conservation*, 32(10), 3397–3421. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02671-2>

- MOROU, B., LAWALI, S., OUMANI, A.A., OUMANI, H., GUERO, C., MAHAMANE, A., 2016. Ressources forestières ligneuses : diversité et usages dans le terroir villageois de Dan Saga. *Afrique SCIENCE*, 12(4), 1782–1800. <http://www.afriquescience.info>
- N'DIAYE, I., AUNE, J.B., SYNNEVÅG, G., YOSSI, H., HAMADOUN, A., 2020. Adaptation de l' agriculture et de l' élevage au changement climatique au Mali, résultats et leçons apprises au Sahel. Bamako, Mali. (November)
- NAIR, R.P.K., KUMAR, B.M., NAIR, V.D., 2021. An introduction to agroforestry, In P. K. R. Nair, B. M. Kumar, & V. D. Nair (Eds.), *An Introduction to Agroforestry* (Second). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-1608-4>
- NOUVELLET, Y., KASSAMBARA, A., BESSE, F., 2006. Le parc à karités au Mali : inventaire, volume, houppier et production fruitière. *Bois et Forêts Des Tropiques*, 1(287), 5–20.
- R CORE TEAM, 2024. R: A language and environment for statistical computing. *R foundation for statistical computing*, Vienna, Austria. [WWW Document]. URL <https://www.r-project.org/>. (accessed 3.21.24).
- RAUNKIAER, C., 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. *Oxford University Press: London*, 632. <https://search.worldcat.org/title/The-life-forms-of-plants-and-statistical-plant-geography/oclc/951383602>
- ROTHER, P.L., 1948. Régénération naturelle en forêt tropicale: Le *Dipterocarpus dyeri* (Dau) sur le versant cambodgien du golfe du Siam. *Bois & Forêts Des Tropiques*, 8, 368–370.
- SALIFOU, S., IRO, D.G., LARWANOU, M., KARIMOU, A.J.M., 2023. Effects of best land management practices on the structure, composition and diversity of woody vegetation in agroforestry parklands: case of Dan Saga and Tabofatt villages in Niger republic. *Discover Sustainability*, 4(1), 4. <https://doi.org/10.1007/S43621-023-00119-9>
- SAMAKE, A., SAMAKE, S., SISSOKO, S., KEÏTA, B., DEMBELE, P., COULIBALY, D., DIAWARA, M.O., 2023. Usage Ethnobotanique De Trois Espèces Ligneuses En Zone Soudano-Sahélienne Du Mali (Kolokani). *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-*

JESTFT), 17(10), 60–66. <https://doi.org/10.9790/2402-1710016066>

- SANCHEZ-ROMERO, R., BALVANERA, P., CASTILLO, A., MORA, F., GARCIA-BARRIOS, L.E., GONZALEZ-ESQUIVEL, C.E., 2021. Management strategies, silvopastoral practices and socioecological drivers in traditional livestock systems in tropical dry forests: An integrated analysis. *Forest Ecology and Management*, 479, 118506. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2020.118506>
- SANCHEZ-ROMERO, R., BALVANERA, P., GARCIA-BARRIOS, L.E., MORA, F., LARSEN, J., MAASS, M., GONZALEZ-ESQUIVEL, C.E., 2025. Impacts of silvopastoral management intensity and forest age on vegetation and soils of dry tropical forests. *Agroforestry Systems*, 99(8), 1–17. <https://doi.org/10.1007/S10457-025-01334-1/FIGURES/5>
- SANOU, L., KOALA, J., SOULEYMANE, O., OUATTARA, B., 2022. Influence of land tenure on agroforestry parkland phyto-diversity and stand structure in Sudanian Zone of Burkina Faso, West Africa. *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development*, 9, 20–34. <https://doi.org/10.15377/2409-9813.2022.09.3>
- SANOU, L., SAVADOGO, P., EZEBILO, E.E., THIOMBIANO, A., 2017. Drivers of farmers' decisions to adopt agroforestry: Evidence from the Sudanian savanna zone, Burkina Faso. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 34(2), 116–133. <https://doi.org/10.1017/S1742170517000369>
- SEHOUBO, Y.J., MEDA, M., CICEK, H., HIEN, M., BARTHELEMY, Y., 2023a. Management methods of agroforestry parks and local perception of their ecosystem services in the Sudano- Sahelian zone of Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 185, 19442–19460.
- SEHOUBO, Y.J., MEDA, M., KABRE, W.O., YELEMOU, B., HIEN, M., 2023b. Characterization and structure of woody vegetation in agroforestry parks in the northern Sudanian zone of Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(2), 325–348. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v17i2.4>
- SERPANTIÉ, G., YONI, M., HIEN, V., ABBADIE, L., BILGO, A., OUATTARA, B., 2004. Le carbone du sol dans les terroirs des

savanes soudaniennes cotonnières. *Bulletin Du Réseau Erosion*, 22, 348–370.

- SETOTA, M., SHIFERAW, W., MISGANA, D., 2024. Investigation of Woody Species Composition, Diversity, and Carbon Stock under Agroforestry Practices in Oromia National Region State, Central Ethiopia. *International Journal of Ecology*, 2024(8463030), 20. <https://doi.org/10.1155/2024/8463030>
- SISSOKO, P., 2019. Le microdosage d'engrais : une technique d'amélioration des moyens d'existence des producteurs pauvres au Sahel. Cas des exploitations agricoles à base de mil et de sorgho au Mali [LIEGE université]. In *Thèse de Doctorat: Université de Liège-Gembloux Agro-bio Tech*. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/238896/4/SISSOKO_Penda_30-8-2019.pdf
- TEBKEW, M., ASFAW, Z., WORKU, A., 2023. Management strategies and floristic diversity in agroforestry practices of northwestern Ethiopia. *Heliyon*, 9(11), e20963. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20963>
- TEKLAY, T., 2007. Decomposition and nutrient release from pruning residues of two indigenous agroforestry species during the wet and dry seasons. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 77(2), 115–126. <https://doi.org/10.1007/s10705-006-9048-4>
- THIOMBANE, M., 2020. Caractérisation de la végétation ligneuse et évaluation de son potentiel de séquestration du carbone dans des espaces cultureux des communes de Kael et Kahone, Sénégal [Université Assane SECK de Ziguinchor UFR]. <http://rivieresdusud.uasz.sn/xmlui/handle/123456789/806>
- TRAORE, K., GANRY, F., OLIVER, R., GIGOU, J., 2004. Litter production and soil fertility in a *Vitellaria paradoxa* parkland in a catena in southern Mali. *Arid Land Research and Management*, 18(4), 359–368. <https://doi.org/10.1080/15324980490497393>
- TYANO, A., 2020. Management and use of wood resources in agroforestry parks in the Northern Sudanian Zone of Burkina Faso. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(11), 437–445. www.ijisrt.com
- TYANO, A., YELEMOU, B., BATIONO, B.A., 2016. Impacts of *P. Reticulatum* on chemical and biological properties of fallows in

Sudanian Zone of Burkina Faso. *International Journal of Current Research*, 8(11), 41878–41885.

YAHAYA, A.D.L., NASSIROU, A.M., OUSSEINI, M.A., NOMAOU, D.L., YADJI, G., 2025. Influence De La Pratique De La Regeneration Naturelle Assistee Dans La Restauration Dune Vegetation Ligneuse Degradée Dans La Zone De Boussaragui a Chadakori (Region De Maradi/Niger). *International Journal of Advanced Research*, 13(03), 882–895. <https://doi.org/10.21474/ijar01/20636>

YAHAYA, A.N.S., SOULE, M., 2024. Ecosystem services from agroforestry parklands in the rural area of the Sahelo-Sudanian zone in Niger. *Agroforestry Systems*, 98(6), 1721–1730. <https://doi.org/10.1007/S10457-024-00981-0>

YELEMOU, B., 1993. L'étude de l'arbre dans le système agraire au Boulkiemdé : inventaire des principales espèces agroforestières et étude de l'interface neem-sorgho. UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU.

ZAMPALIGRE, N., 2012. The role of ligneous vegetation for livestock nutrition in the sub-Saharan and Sudanian zones of West Africa: Potential effects of climate change. <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2012120742280>

ZOUNGRANA, A., DE CANNIERE, C., CISSE, M., BATIONO, B.A., TRAORE, S., VISSER, M., 2023. Does the social status of farmers determine the sustainable management of agroforestry parklands located near protected areas in Burkina Faso (West Africa)? *Global Ecology and Conservation*, 44, e02476. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02476>

